

Automatic optical test procedure involves production of a reference surface in a material with laser machining characteristics similar to those of human cornea**Veröffentlichungsnummer:** DE19841176**Veröffentlichungsdatum:** 2000-03-16**Erfinder:**

RUNSCHKE ARNO (DE); PIEGER STEFAN (DE); OESTERLIN PETER (DE)

Anmelder:

RUNSCHKE ARNO (DE); PIEGER STEFAN (DE); OESTERLIN PETER (DE)

Klassifikation:**- Internationale:** A61F9/007; G01N21/88; G01B11/24**- Europäische:** A61F9/01; G01B11/255**Anmeldenummer:** DE19981041176 19980909**Prioritätsnummer(n):** DE19981041176 19980909**Report a data error here****Zusammenfassung von DE19841176**

Before a proposed corneal surgery, a reference surface is produced by means of a UV laser with exactly the same parameters in a material which has laser machining characteristics similar to those of human cornea. The reference surface is measured. The measurement results are automatically evaluated and compared with a target shape. The comparison results are presented in an easily understandable form.

Daten sind von der **esp@cenet** Datenbank verfügbar - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift
⑯ DE 198 41 176 A 1

⑮ Int. Cl. 7:
A 61 F 9/007
G 01 N 21/88
G 01 B 11/24

⑯ Aktenzeichen: 198 41 176.6
⑯ Anmeldetag: 9. 9. 1998
⑯ Offenlegungstag: 16. 3. 2000

- ⑰ Anmelder:
Runschke, Arno, 73547 Lorch, DE; Pieger, Stefan,
90530 Wendelstein, DE; Oesterlin, Peter, Dr., 37077
Göttingen, DE
- ⑲ Vertreter:
Oesterlin, P., Dr., 37077 Göttingen

- ⑳ Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ㉓ Automatisches optisches Prüfverfahren
㉔ Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur automatischen vorbeugenden Überprüfung des Ergebnisses einer refraktiven Hornhautchirurgie mit Lasern am menschlichen Auge. Mit dem Lasergerät für die chirurgische Anwendung wird in einem Probematerial eine Testlinse erzeugt. Diese Linse wird mittels geeigneter optischer Meßverfahren vermessen und automatisch auf verschiedene Fehler untersucht, die im Zusammenhang mit der refraktiven Hornhautchirurgie mit Lasern bekannt sind. Eine automatische Auswertung der Messung erlaubt dem behandelnden Arzt ohne spezielle Kenntnisse des Lasers oder eines Testverfahrens zu beurteilen, ob die geplante Behandlung sicher durchgeführt werden kann.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren, mit dem das Ergebnis einer refraktiven Hornhautchirurgie mit Laser am menschlichen Auge vor der Behandlung ermittelt werden kann.

Refraktive Laser-Hornhautchirurgie wird seit etwa 10 Jahren und mit zunehmenden Behandlungszahlen eingesetzt, um die Brechkraft fehlsichtiger Augen zu verändern und somit das Tragen von Brillen oder Kontaktlinsen überflüssig zu machen. Es gibt verschiedene Verfahren, von denen die oberflächliche Hornhautablation mit UV-Lasern, vorzugsweise Excimerlasern bei 193 nm, die am häufigsten angewendete Methode ist. Bei dieser Methode wird, nachdem die äußere Deckschicht der Hornhaut, das Epithel, entfernt worden ist, mit einem gepulsten Laser, der im ultravioletten Wellenlängenbereich arbeitet, vorzugsweise unterhalb von 220 nm, Hornhautmaterial (Stroma) "kalt" verdampft oder ablatiert. Genauere Hinweise zu diesem Ablationsvorgang und zum Ablauf einer refraktiven Hornhautchirurgie finden z. B. in: S. Trokel: "Evolution of excimer laser corneal surgery", Journal of Cataract Refractive Surgery 1989, Vol. 15, Seiten 373-383, oder in: E. Schröder, M.U. Dardeine, T. Neuhann, A. Tenner: "An Ophthalmic Excimer Laser for Corneal Surgery", American Journal of Ophthalmology 1987, Vol. 103(3), Part II, Seiten 472-473 und in weiteren Artikeln in diesen und ähnlichen Zeitschriften.

Um die Brechkraft des Auges gezielt zu ändern, ohne die sonstigen optischen Eigenschaften wie Auflösungsvermögen, Kontrastsehen usw. zu verschlechtern, muß eine Linsenoberfläche in die Hornhaut eingearbeitet werden, deren Brechkraft der Fehlsichtigkeit entspricht. Lasergeräte für diesen Zweck werden seit mehr als 10 Jahren von mehreren Firmen weltweit angeboten. Alle diese Laser haben gemeinsam, daß sie eine Computersteuerung besitzen, über die der behandelnde Arzt die gewünschten Behandlungsparameter eingibt.

Als Lichtquelle wird meistens ein Excimerlaser eingesetzt, der mit der aktiven Gasmischung ArF arbeitet und Laserlicht bei 193 nm Wellenlänge aussendet. Es finden aber auch andere Lasersysteme Verwendung, z. B. frequenzvervielfachte Festkörperlaser wie frequenzvervielfachte Nd:YAG-Laser, die bei 217 nm arbeiten, oder frequenzvervierfachte Ti:Saphir-Laser, die im Wellenlängenbereich knapp unterhalb von 200 nm abstimmbare sind.

Allen Lasergeräten für die refraktive Chirurgie ist gemeinsam, daß ihre Zuverlässigkeit bzgl. des Behandlungsergebnisses nicht sehr groß ist. Nahezu alle Hersteller empfehlen deshalb, die Geräte regelmäßig selber zu überprüfen. Mit diesen sogenannten Kalibrierungen soll sichergestellt werden, daß das Lasergerät die richtige Lichtmenge oder Lichtdosis abgibt und keine Überkorrektur der Fehlsichtigkeit (bci zu hoher Dosis) oder Unterkorrektur (bci zu geringer Dosis) erfolgt.

Es gibt aber noch andere Fehler, die durch ein nicht optimal arbeitendes Gerät verursacht werden können. Zum Beispiel kann eine Linse, die in die Hornhaut eingearbeitet wird, nicht exakt in der Mitte des bearbeiteten Bereiches liegen. Fig. 1 zeigt eine mittig erzeugte Linse, und Fig. 2 eine Linse, deren Zentrum (Maximum des Materialabtrages) nicht in der Mitte des bearbeiteten Bereiches liegt. Eine derart behandelte Hornhaut wird schlechtere optische Eigenschaften aufweisen als eine, deren Behandlungsergebnis dem von Fig. 1 entspricht ("der bestkorrigierte Visus hat abgenommen" heißt dies in der Fachsprache der Augenärzte).

Fig. 3 zeigt eine andere Problematik, die durch ein nicht optimal arbeitendes Gerät verursacht werden kann. Man wird immer bestrebt sein, eine Oberflächenkontur in der

Hornhaut zu schaffen, die keine Kanten oder Knicke enthält. Solche Kanten und Knicke sind bekannt dafür, daß sie übermäßige Reaktionen des Auges auf die Behandlung hervorrufen, die zu Hornhauttrübungen ("Haze") und übermäßiger Epithelnachbildung führen können, wobei letztere zu einer starken Regression, d. h. Rückbildung des Behandlungsergebnisses, führt. Fig. 3 zeigt eine solche Hornhautoberfläche, bei der der Rand der behandelten Zone sehr steil abfällt und die eigentliche optische Linse tief in der Hornhaut liegt.

Einen ähnlichen Effekt auf die Reaktion des Auges hat die Oberflächennahigkeit der neu erzeugten Hornhautoberfläche. Eine rauhe Oberfläche führt zu Irritation des Auges, was wiederum zu Trübungen und Epithelnachbildung führt.

Die in den Fig. 1 bis 3 gezeigten Hornhautoberflächenbeispiele zeigen nicht die wirklichen Größenverhältnisse auf einer Hornhaut, sondern sind, um die Effekte anschaulich zu machen, sehr stark überhöht dargestellt. Außerdem wurde die normalerweise gekrümmte Hornhautoberfläche eben dargestellt, um die beschriebenen Effekte noch deutlicher zu machen. In Wirklichkeit sieht eine Hornhautoberfläche wie in Fig. 4 dargestellt aus. Die Hornhaut ist etwa 500 µm dick und weist eine Krümmung auf, deren Radius für die äußere Oberfläche etwa 7 mm beträgt. Die mit dem Lasergerät abgetragene Materialmenge hängt von der gewünschten Korrekturstärke ab und liegt typischerweise zwischen 30 und 150 µm an der Stelle des tiefsten Abtrags.

Angesichts der oben geschilderten Probleme sind die Hersteller von Lasergeräten für die refraktive Chirurgie natürlich bemüht, ihre Geräte so zuverlässig wie möglich zu machen. Zudem empfehlen fast alle, direkt vor einer Behandlung eine Prüfung des Gerätes vorzunehmen. Ein gängiges Verfahren ist es, in einem Kunststoff, häufig Plexiglas, eine optische Linse zu erzeugen, und die Brechkraft dieser Linse zu messen. Von Plexiglas weiß man, daß es sich mit gepulsten ultravioletten Lasern vergleichbar zur menschlichen Hornhaut bearbeiten läßt. Mit einem solchen Test kann man also eine Aussage darüber gewinnen, ob eine gewünschte Korrekturstärke am Auge auch wirklich erreicht werden wird. Dazu wird die in Kunststoff erzeugte Linse mit einem geeigneten Gerät auf ihre Brechkraft untersucht (Brillenrefraktometer, wie es von Augenärzten und Augenoptikern zur Vermessung der Stärke von Brillen benutzt wird).

Dieses Verfahren kann zwar Aufschluß darüber geben, ob eine angestrebte Korrekturstärke auch wirklich erreicht wird. Es läßt aber keine Beurteilung zu, ob eine Dezentrierung vorliegt, wie in Fig. 2 gezeigt, oder ob eine Stufe am Rand erzeugt wird wie in Fig. 3. Auch eine kleine oder mittlere Rauigkeit der Oberfläche läßt sich nicht mit dieser Methode feststellen, erst große Rauigkeiten führen zu verworfenen Ergebnissen im Refraktometer.

Eine andere Methode basiert auf dem Farbumschlag von speziellen Testfolien. Solche Testfolien bestehen normalerweise aus einem Trägermaterial, auf dem eine Papierlage mit einer auffallenden Farbe, meistens rot, befestigt ist.

Über diesem farbigen Papier befindet sich eine nichttransparente Kunststofffolie mit einer bestimmten Dicke (häufig silberfarben). Der Laser trägt nun mit zunehmender Lichtmenge die Folie ab, so daß das darunterliegende rote Papier sichtbar wird. Der Test des Lasergerätes besteht nun darin, daß mit der Einstellung einer bestimmten Korrekturstärke am Lasergerät ein rotes Gebiet auf der Testfolie erscheinen muß, das eine bestimmte Form und Größe hat. Abweichungen von dieser vorgegebenen Form und Größe weisen auf eine nicht korrekte Funktion des Lasergerätes hin.

Die auf diesen Testfolien erzeugten Strukturen haben normalerweise Durchmesser von 4-5 mm. Es liegt auf der Hand, daß der das Lasergerät bedienende Arzt mit bloßem Auge nur Abweichungen sehen kann, die mindestens $\frac{1}{2}$ mm

groß sind. Kleinere Fehler bleiben mit diesem Prüfverfahren unentdeckt. Ebenso bleiben auch Zentrierungsfehler wie in Fig. 2 unentdeckt, da die Testfolien nur zeigen können, ob Materialabtrag stattgefunden hat, aber nicht, wo das Maximum des Abtrages liegt. Aus dem gleichen Grund können auch Stufen wie in Fig. 3 und Oberflächenrauhigkeiten nicht entdeckt werden.

Diese Ausführungen zum Stand der Technik zeigen, daß die gegenwärtig angewendeten Prüfverfahren für Lasgeräte für die refraktive Hornhautchirurgie unzureichend sind.

Die Erfindung betrifft nun ein Verfahren, das diese Mängel beseitigt, und das innerhalb von wenigen Minuten eine genaue Analyse der Funktionsfähigkeit des Lasgerätes erlaubt. Bei dem erfundungsgemäßen Verfahren wird, wie bereits beschrieben, eine Probelinse in einem Kunststoff hergestellt. Vorzugsweise wird hierzu Plexiglas (Polymethyl-metacrylat, PMMA) verwendet, da es bekannte Bearbeitungseigenschaften mit UV-Lasern aufweist. Um wiederholbare Ergebnisse zu bekommen, muß darauf geachtet werden, daß immer Plexiglas aus dem gleichen Herstellungsprozeß benutzt wird. Technisches Plexiglas enthält Zusätze, die die Langzeitstabilität des Kunststoffes sicherstellen sollen. Diese Zusätze sind in Art und Menge unterschiedlich, wenn unterschiedliche Herstellungsprozesse angewendet werden, und sie beeinflussen das Verhalten des Plexiglases bei Laserbearbeitung.

Die Oberfläche einer derart hergestellten Linse wird nun mit einem geeigneten Gerät vermessen. Dafür eignen sich besonders optische Meßverfahren, da sie den weichen Kunststoff nicht verformen und da sie die nötige Genauigkeit aufweisen. Da der Materialabtrag bei kleinen optischen Korrekturen der Brechkraft des Auges an einigen Stellen nur wenige μm beträgt, ist es verständlich, daß die Meßgenauigkeit besser als $1 \mu\text{m}$ betragen muß. Vorzugsweise sollte eine Meßgenauigkeit von $0,01 \mu\text{m}$ bis $0,1 \mu\text{m}$ angestrebt werden. Beträgt die Genauigkeit nur $0,1$ – $1 \mu\text{m}$, so kann das Auftreten von Dezentrierungen wie in Fig. 2 und von Stufen wie in Fig. 3 festgestellt werden, nicht aber geringe Oberflächenrauhigkeiten.

Geeignete optische Meßverfahren sind aus der Industrie bekannt. Es gibt interferometrische Meßverfahren, die auf dem Vergleich der zu untersuchenden Oberfläche mit einer Referenzoberfläche beruhen. Solche Meßverfahren sind in der Literatur ausreichend beschrieben, sie werden deshalb als bekannt vorausgesetzt.

Auf einer anderen Methode beruhen Meßverfahren, bei denen eine Lichtquelle mittels einer Linse fokussiert wird. Dieser Fokus wird auf die zu untersuchende Oberfläche gelenkt. Ein Meßsystem mit einem geeigneten Detektor und davor angeordneten geeigneten Blenden liefert immer dann ein maximales Signal, wenn der Lichtfleck auf der zu untersuchenden Oberfläche einen möglichst kleinen Durchmesser hat. Wird dieser Lichtstrahl nun parallel zur Oberfläche geführt, und weist die Oberfläche eine Höhenänderung auf, so wird der Durchmesser des Lichtflecks auf der Oberfläche größer. Das Detektorsystem erkennt das und ändert den Abstand der fokussierenden Linse zur Oberfläche derart, daß der Lichtfleck wieder die minimale Größe annimmt. Der Betrag und die Richtung, um die die Linse vor oder zurück verschoben werden muß, entspricht genau dem Betrag und der Richtung der Höhenänderung der zu untersuchenden Oberfläche. Geräte, die nach diesem Prinzip arbeiten, gibt es von mehreren Firmen zu kaufen, z. B. von der Firma UBM Meßtechnik GmbH in Ettlingen in Deutschland (Geräte mit der Bezeichnung "Microfocus").

Das erfundungsgemäße Verfahren benutzt eines der erwähnten Meßverfahren, um die gesamte bearbeitete Oberfläche der in Plexiglas erzeugten Linse zu vermessen. Alter-

nativ kann auch ein Querschnitt durch das bearbeitete Gebiet vermessen werden, vorzugsweise durch den Mittelpunkt. Das Meßergebnis wird in geeigneter Form abgespeichert, z. B. in einem Computer, und dann der weiteren Analyse zugeführt. Diese Analyse wertet das Meßergebnis ohne weiteres Zutun des Bedieners aus und bewertet die Messung automatisch nach folgenden Kriterien:

- 1) Entspricht die Tiefe des abgetragenen Materials der gewünschten Tiefe (stimmt die Stärke der Korrektur)
- 2) Befindet sich das Maximum des Abtrages an der Stelle, an der es sein soll, oder liegt eine Dezentrierung vor, wie sie schematisch in Fig. 2 gezeigt ist.
- 3) Gibt es steile Kanten, wie sie in Fig. 3 gezeigt sind.
- 4) Ist die erzielte Oberfläche glatt, oder gibt es nicht akzeptable Rauigkeiten.

Die Ergebnisse dieser Analysen können dem Bediener des Gerätes auf verschiedene Art dargestellt werden. Der Erfolg liegt die Idee zugrunde, diese Darstellung so zu wählen, daß sie auch dem Ungeübten leicht verständlich macht, ob das Lasgerät zufriedenstellend arbeitet oder nicht. Es kommen dafür mehrere Darstellungsarten in Frage, von denen hier nur einige exemplarisch erwähnt werden. Sie beruhen darauf, daß ein handelsüblicher Computer mit einem Farbbildschirm verwendet wird.

- 1) Darstellung von einem Querschnitt durch die Mitte des bearbeiteten Bereichs, zusammen mit dem Querschnitt, der sich bei einem absolut fehlerfrei arbeitenden Lasgerät ergeben hätte. Dieser Idealquerschnitt kann leicht berechnet und in einer anderen Farbe dargestellt werden.
- 2) Darstellung von einem Querschnitt durch das Gebiet, wo das gemessene Ergebnis von dem Sollergebnis am stärksten abweicht.
- 3) Darstellung der kritischen Parameter "Maximalabtrag", "Dezentrierung", "Steilheit von Kanten" und "Oberflächenrauhigkeit" als Kennzahlen. Für die erwartete Bearbeitungsform lassen sich solche Kennzahlen ebenfalls berechnen und die Abweichungen lassen sich als Zahlenwert darstellen.
- 4) Auf der Basis des unter Punkt 3 genannten Kennzahlenvergleichs läßt sich das Auftreten eines oder mehrerer der beschriebenen Fehler anzeigen, ohne daß Zahlen interpretiert werden müssen, z. B. in der Form "leichte Dezentrierung". Der behandelnde Arzt kann dann entscheiden, ob eine leichte Dezentrierung noch akzeptabel ist.
- 5) Alle unter Punkt 3 beschriebenen Kennzahlenvergleiche werden nach bestimmten Kriterien wie z. B. einer unterschiedlichen Gewichtung zusammengefaßt. Der behandelnde Arzt erhält eine Empfehlung, ob die Behandlung sicher durchgeführt werden kann, oder ob eine Überprüfung des Lasgerätes nötig ist.

Die oben erwähnten Beispiele der Darstellung des Meßergebnisses sind nur exemplarisch zu verstehen. Es ist offensichtlich, daß andere Darstellungsverfahren zum gleichen Ergebnis führen werden und deshalb im Sinne dieser Erfindung zu verstehen sind.

Die Erfindung beinhaltet ein Verfahren, bei dem der Bediener des Lasgerätes in eine vorgegebene, nach einem bestimmten Herstellverfahren hergestellte Plexiglasplatte eine Linse einarbeitet. Das Lasgerät ist dabei genau auf die Parameter eingestellt, mit denen der Patient behandelt werden soll.

Diese so behandelte Plexiglasplatte wird in das computer-

gesteuerte Meßgerät eingeschoben. Der Arzt gibt auch hier die gleichen Behandlungsparameter ein, so daß das Meßgerät das gewünschte Ergebnis berechnen kann. Anschließend wird die in dem Plexiglas erzeugte Oberfläche wie beschrieben vermessen und das Meßergebnis nach einem der beschriebenen Verfahren ausgewertet und auf dem Computerbildschirm dargestellt. Der ganze Vorgang dauert wenige Minuten. Aufgrund der hohen Meßgenauigkeit und der Möglichkeit, die erzeugte Oberfläche auf mehrere Fehlerkriterien gleichzeitig zu untersuchen, wird eine wesentlich sicherere Vorhersage über den Ausgang der refraktiven Hornhautchirurgie mit dem Lasergerät ermöglicht, als es bisher der Fall war.

Patentansprüche 15

1. Automatisches optisches Verfahren zur vorbeugenden Überprüfung der erzielbaren optischen und Oberflächenqualität sowie der Genauigkeit einer mit UV-Lasern zu behandelnden Hornhautoberfläche eines menschlichen Auges, bei dem die Meßvorrichtung mindestens aus einer Lichtquelle, einer fokussierenden Linse und einem Detektorsystem mit Blende besteht und der Lichtstrahl über die gesamte Oberfläche einer zu vermessenden Referenzfläche verfahren wird, wobei die Position der Linse so eingestellt wird, daß der Brennpunkt des Lichtstrahls immer exakt auf der Oberfläche der zu vermessenden Referenzfläche liegt, so daß die Bewegung der Linse beim Verfahren über die Oberfläche genau das Höhenrelief der Oberfläche der Referenzfläche widerspiegelt, dadurch gekennzeichnet, daß

- vor dem Behandeln der Hornhaut mit genau den gleichen Einstellparametern des UV-Lasers eine Referenzfläche in einem Material hergestellt wird, das sich ähnlich wie das Hornhautmaterial bearbeiten läßt,
- diese Referenzfläche vermessen wird,
- diese Messung automatisch ausgewertet und mit der vorgegebenen Sollform verglichen wird,
- der Vergleich auf eine leicht verständliche Weise dargestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Probelinse in Polymethylmetacrylat (PMMA, "Plexiglas") hergestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur automatischen Auswertung und Darstellung der Messung ein handelsüblicher Computer (PC) benutzt wird, der entsprechend programmiert worden ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform in grafischer Weise erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform durch eine oder mehrere Kennzahlen erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform durch eine "Gut-Schlecht-Entscheidung" dargestellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform durch das Erkennen und die Angabe typischer Fehler erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Genauigkeit der Messung von Oberflächenstrukturen im Bereich 0,01–1 µm liegt.

9. Automatisches optisches Verfahren zur vorbeugen-

den Überprüfung der erzielbaren optischen und Oberflächenqualität sowie der Genauigkeit einer mit UV-Lasern zu behandelnden Hornhautoberfläche eines menschlichen Auges, bei dem die Meßvorrichtung aus einem handelsüblichen Interferometer zur Vermessung optisch aktiver Oberflächen besteht, dadurch gekennzeichnet, daß

- vor dem Behandeln der Hornhaut mit genau den gleichen Einstellparametern des UV-Lasers eine Referenzfläche in einem Material hergestellt wird, das sich ähnlich wie das Hornhautmaterial bearbeiten läßt,
- diese Referenzfläche vermessen wird,
- diese Messung automatisch ausgewertet und mit der vorgegebenen Sollform verglichen wird,
- der Vergleich auf eine leicht verständliche Weise dargestellt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Probelinse in Polymethylmetacrylat (PMMA, "Plexiglas") hergestellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß zur automatischen Auswertung und Darstellung der Messung ein handelsüblicher Computer (PC) benutzt wird, der entsprechend programmiert worden ist.

12. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform in grafischer Weise erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform durch eine oder mehrere Kennzahlen erfolgt.

14. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform durch eine "Gut-Schlecht-Entscheidung" dargestellt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Vergleich der Messung mit der vorgegebenen Sollform durch das Erkennen und die Angabe typischer Fehler erfolgt.

16. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Genauigkeit der Messung von Oberflächenstrukturen im Bereich 0,01–1 µm liegt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

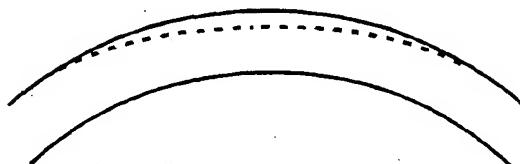


Fig. 4